

# VI CONGRESSO IBÉRICO de Agro-Engenharia

5 a 7 de Setembro | 2011  
Universidade de Évora | Portugal



## Utilização de imagens para avaliar a morfologia da ave em função do peso e idade

V.M.N. Abreu<sup>1</sup>, P.G. Abreu<sup>1</sup>, A. Coldebella<sup>1</sup>, M.J. Hassemer<sup>2</sup>, I.L. Tomazelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Suínos e Aves, BR 153, KM 110, Vila Tamanduá, 89700-000, Concórdia, SC, Brasil. [pabreu@cnpas.embrapa.br](mailto:pabreu@cnpas.embrapa.br), [valeria@cnpas.embrapa.br](mailto:valeria@cnpas.embrapa.br), [arlei@cnpas.embrapa.br](mailto:arlei@cnpas.embrapa.br),

<sup>2</sup> Universidade do Oeste SC, Rua Getúlio Vargas 2125, 89600-000, Joaçaba, SC, Brasil. e-mail: [marlajuliane@yahoo.com.br](mailto:marlajuliane@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade do Contestado, Rua Vítor Sopelsa, 3000, 89700-000, Concórdia, SC, Brasil. e-mail: [ina\\_lt@yahoo.com.br](mailto:ina_lt@yahoo.com.br)

### Resumo

Objetivou-se quantificar a distribuição da temperatura superficial do corpo da ave, determinar a relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e de resfriamento (TR) em função do peso e da idade da ave e realizar avaliações morfológicas por meio de análise de imagens. Os pintos de um dia ROSS 508 foram acompanhados semanalmente por 42 dias de idade, distribuídos em dois grupos de 10 animais. Os grupos foram separados por peso das aves da seguinte forma: grupo 1 – aves leves com 37-38 g e grupo 2 – aves pesadas com 50-51 g. Semanalmente, cada ave foi pesada, fotografada e coletada a temperatura de cada parte do corpo. As imagens foram analisadas no software SURFER. Os dados da temperatura das partes do corpo da ave foram avaliados usando o PROC MIXED do SAS. Para avaliar a relação entre o peso da ave e a sua área foi ajustada a equação do modelo de Gompertz. A utilização de imagens digitais para estimar a área, o peso e as medidas morfológicas em função da idade das aves é viável e pode ser utilizada no cálculo de transferência de calor e de massa para dimensionar sistemas de climatização dos aviários e também para o desenvolvimento de equipamentos utilizando visão computacional.

**Palavras chave:** área ave, modelo empírico, perda de calor, resfriamento

### Morphologic measures in function of the weight and age of the bird by means of images

#### Abstract

Objectified to quantify the distribution of the superficial temperature of the body of the bird, to determine the relationship of proportion of the rate of loss of heat (TPC) and of cooling (TR) in function of the weight and of the age of the bird and to accomplish morphologic evaluations by means of analysis of images. The birds of one day ROSS 508 was weekly accompanied by 42 days of age, distributed in two groups of 10 animals. The groups were separate for weight of the birds in the following way: group 1 - light birds with 37-38 g and group 2 - birds weighed with 50-51 g. Weekly, each bird was weighed, photographed and collected the temperature of each part body. The images were analyzed in the software SURFER. The data of the temperature of the parts body of the bird were appraised using PROC MIXED of the SAS. To evaluate the relationship between the weight of the bird and its area the equation of the model of Gompertz it was adjusted. The use of digital images to esteem the area, the weight and the morphologic measures in function of the age of the birds is viable and it can be used in the calculation of transfer of heat and of mass for climatization systems of poultry house and also for the development of equipments using vision computational.

**Key words:** area chickens, empiric model, loss heat, cooling

## 1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é de grande importância para as aves preservarem a temperatura corporal durante, o crescimento e mudanças térmicas ambientais.

As diversas regiões corporais das aves podem contribuir de maneiras distintas no balanço de calor corporal, podendo ser feita a classificação de regiões consideradas vasorregulatórias conservadoras, como por exemplo, as regiões cobertas por penas (Shinder et al., 2007), e as regiões desprovidas de penas que tem uma maior contribuição nas trocas entre a superfície corpórea e o ambiente circundante.

Tessier et al. (2003) acompanharam a variação da temperatura da pele da ave durante o dia e em função da idade. A temperatura da pele de uma ave empenada variou mais do que 5°C quando exposta a temperaturas ambientes de 20 a 40°C. Entretanto, a temperatura superficial de determinadas partes do corpo como crista, canela e pé variaram até 20°C e apresentaram grandes variações em condições ambientais constantes.

O conhecimento mais preciso de como as aves perdem calor, ou ainda, aqueles relacionados à distribuição das temperaturas superficiais para a manutenção da termoneutralidade, pode ser impactante para o dimensionamento dos sistemas de climatização para frangos de corte (Cangar et al., 2008).

Fisiologicamente, o controle sobre a taxa de transferência de calor das aves é influenciado pelo fluxo sanguíneo superficial, que ocorre na epiderme, logo abaixo da camada de plumagem.

Existem vários métodos de determinação da área corporal da ave como o escalpelamento e o uso de moldes à base de gases que são aderidos à superfície do animal. Esses métodos são invasivos necessitando o sacrifício da ave.

Com o objetivo de evitar o sacrifício da ave Mitchell (1930) desenvolveu modelo empírico para o cálculo da área superficial de frangos e frangas da linhagem *White Leghorn*.

Nas últimas décadas houve um progresso significativo na seleção genética de frangos de corte para crescimento rápido. Entretanto, esse crescimento rápido coincidiu com o desenvolvimento inferior dos sistemas de vísceras, órgãos cardiovasculares, dificultando o controle do estresse calórico.

São esperadas temperaturas globais elevadas nos próximos anos e os sistemas de climatização do ambiente são onerosos. Esta situação onde a taxa de crescimento e a produção de calor aumentam anualmente, demanda meios mais eficientes para melhorar a aquisição de termotolerância economicamente viáveis para aves em climas quentes (Yahav et al. 2005).

Segundo Silva et al. (2009), com o desenvolvimento do melhoramento genético das aves, as equações ajustadas perdem a sua eficiência, havendo a necessidade de ajustar novas equações para as linhagens existentes ou até mesmo propor novas metodologias para que se possa melhorar a precisão na determinação da área superficial das aves.

Nesse contexto, a determinação da área superficial de frangos de corte é de extrema importância para o cálculo das transferências de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor, permitindo, assim, o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo, bem como inferir sobre o manejo das aves por meio da predição, por exemplo, da quantidade de calor e/ou umidade produzida pelas aves (Yanagi Júnior, 2002; AERTS et al., 2003) e da predição do aumento da temperatura corporal desses animais (Yanagi Júnior et al., 2001).

Diversos métodos de análise de imagens podem ser utilizados para determinação da área superficial de animais tendo a vantagem de não serem invasivos.

Dessa forma, objetivou-se quantificar a distribuição da temperatura superficial do corpo da ave, determinar a relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e de resfriamento (TR) em função do peso e da idade da ave e realizar avaliações morfológicas por meio de análise de imagens.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi realizado na Embrapa Suínos e Aves na Unidade Experimental em Ambiência. Os pintos de um dia ROSS 508 foram acompanhados semanalmente por 42 dias de idade, distribuídos em dois grupos de 10 animais. Os grupos foram separados por peso das aves da seguinte forma: grupo 1 – aves leves com 37-38 g e grupo 2 – aves pesadas com 50-51 g.

As aves foram alimentadas à vontade com a mesma ração. Semanalmente, cada ave foi pesada e colocada em uma mesa fotográfica preparada para não estressar os animais. Essa mesa possuía fundo e lateral preto, quadriculado de branco, a cada 2 cm. Na mesa foram acopladas duas lâmpadas azuis para não estressar as aves. As aves foram fotografadas tridimensionalmente, vistas, de lado, de cima e por trás.

Foram utilizadas três câmeras digitais - uma fixada no suporte da mesa para a produção da imagem superior e duas em tripés para as imagens, lateral e de trás das aves (Fig. 1).

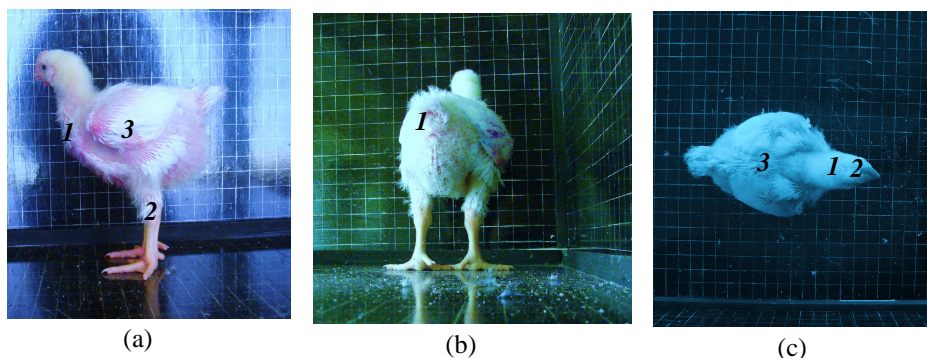


**Figura 1.** Montagem experimental da mesa fotográfica para a coleta das imagens

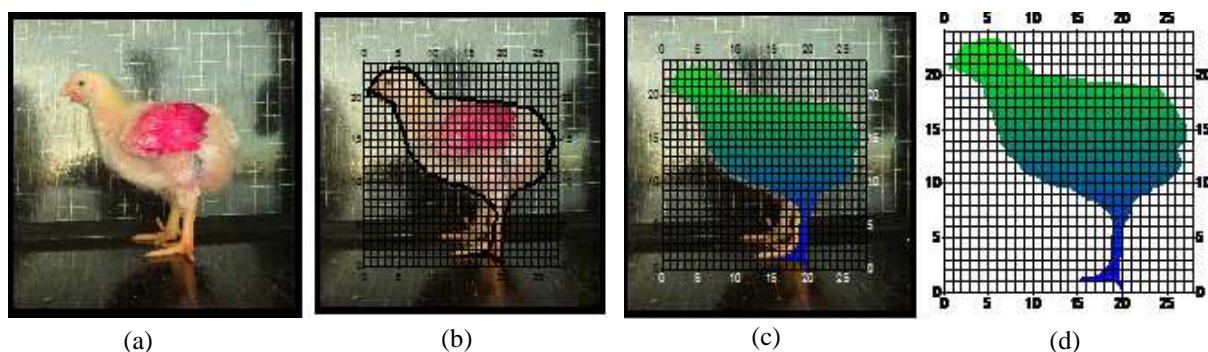
Após a seção de fotos de cada ave foi coletada a temperatura da superfície corporal por meio de termômetro infravermelho com mira a laser da marca RAYTEK<sup>®</sup>, em sete pontos (peito, perna, asa, cabeça, crista, dorso e cloaca), conforme Fig. 2.

A imagem digital, lateral de cada ave foi processada no software SURFER para o cálculo da área plana. A partir da imagem real com o quadriculado foi confeccionada uma malha proporcional às dimensões reais no SURFER e traçado o mapa de contorno do perfil lateral de cada ave (Fig. 3).

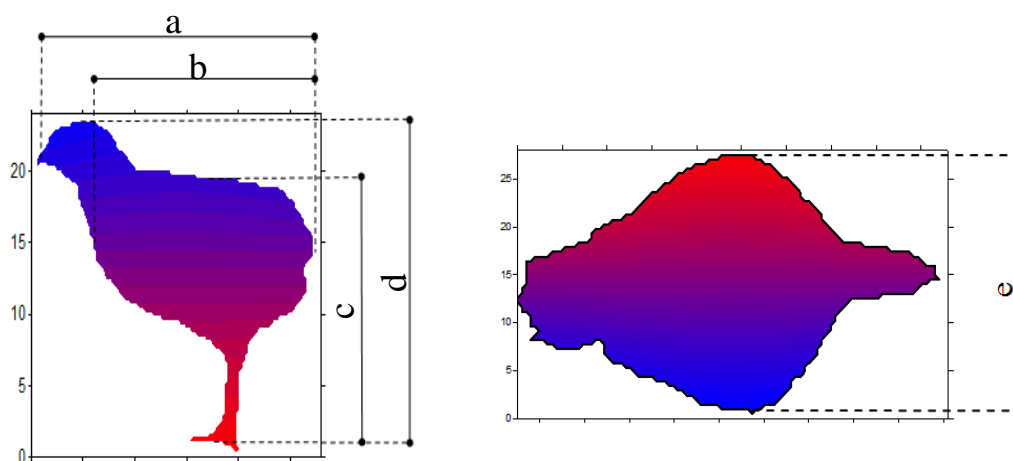
Em seguida, a partir dos mapas de contorno, a seção interna da ave foi digitalizada e calculada a área utilizando as ferramentas “*overlay maps*”, “*digitalize*”, “*blank*” e “*volume*” do software SURFER. Após o cálculo da área plana foram determinadas as medidas morfológicas das aves utilizando o SURFER (Fig. 4).



**Figura 2.** Pontos de coleta da temperatura corporal das aves (a): vista lateral - 1. peito, 2. perna e 3. asa; (b): vista superior - 1. cabeça, 2. crista e 3. dorso; (c) vista de trás - 1. cloaca



**Figura 3.** Sequência de processamento da imagem para o cálculo da área plana - a) imagem real - b) confecção da malha e do mapa de contorno - c) digitalização e cálculo da área - d) imagem finalizada com a área calculada.



**Figura 4.** Local de determinação das medidas morfológicas das aves - a) do bico ao traseiro - b) do peito ao traseiro - c) do dorso ao pé - d) da cabeça ao pé - e) largura.

Com base nos dados de temperatura de cada ponto de coleta da ave foram calculadas as temperaturas médias, da pele (TMP) e corporal (TMC), de acordo com a equação proposta por Richards (1971):

$$TMP = (0,03 TC + 0,70 TD + 0,12 TA + 0,06 TCA + 0,09TP); \quad (1)$$

em que:

TMP = temperatura média da pele (°C); TC = temperatura de crista (°C); TD = temperatura do dorso (°C); TA = temperatura da asa (°C); TCA = temperatura da cabeça (°C) e TP = temperatura da pata (°C).

$$TMC = 0,3 \text{ TMP} + 0,7 \text{ TCL}; \quad (2)$$

em que: TMC = Temperatura média corporal (°C) e TCL = temperatura cloaca (°C).

A taxa de perda de calor de cada ave foi calculada de acordo com Curtis (1983):

$$TPC = W^{2/3} \quad (3)$$

em que:

W = peso da ave (kg).

A taxa de resfriamento de cada ave foi calculada de acordo com Curtis (1983):

$$TR = W^{-1/3} \quad (4)$$

em que: W = peso da ave (kg).

A área corporal plana calculada no software SURFER foi comparada com a área obtida pela equação proposta por Mitchell (1930):

$$A = 8,19 \text{ W}^{0,705} \quad (5)$$

em que:

A = área corporal da ave (cm<sup>2</sup>) e

W = peso da ave (g).

Os dados da temperatura das várias partes do corpo da ave foram avaliados por meio da análise de modelos mistos para medidas repetidas, considerando os efeitos de peso inicial (na parcela), de idade (na subparcela) e de parte do corpo (na sub-subparcela), e 3 tipos de estruturas de matriz de variâncias e covariâncias, usando o PROC MIXED do SAS (2003), sendo que a estrutura a ser utilizada na análise foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC).

O método de estimação utilizado foi o de máxima verossimilhança restrita. Para avaliar a relação entre o peso da ave e a sua área foi ajustada a equação do modelo de Gompertz, proposta por Freitas (2007) para avaliar o peso corporal em função da idade, sendo que:

$$y = \alpha e^{-\beta e^{-\gamma x}} + \varepsilon \quad (6)$$

em que:

y = o peso da ave (g); x = a área (cm<sup>2</sup>);  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  = parâmetros desconhecidos a serem estimados e  $\varepsilon$  = o erro aleatório, pressuposto normal, independente e identicamente distribuído. O ajuste do modelo foi realizado por meio do método de mínimos quadrados ordinários segundo procedimento NLIN do SAS (2003). Ao final foi calculado o erro de predição individual e considerando os grupos de aves leves e pesadas.

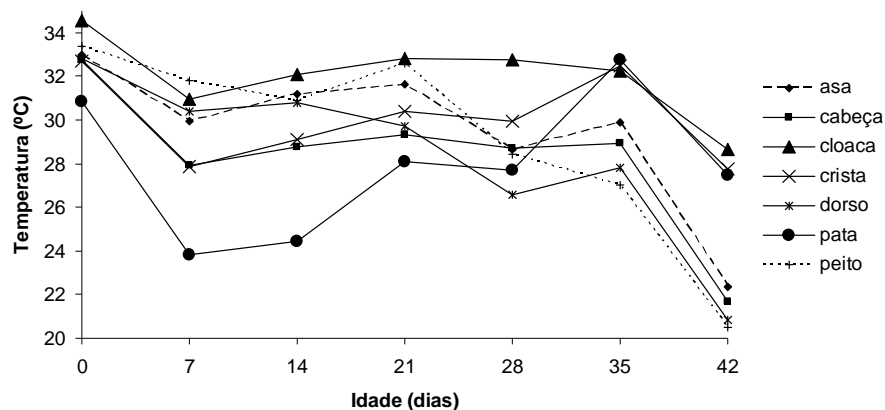
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para todos os fatores avaliados, exceto para o peso inicial das aves.

**Tabela 1.** Níveis descritivos de probabilidade do teste F para a análise de modelos mistos da temperatura das partes do corpo da ave

Causas de Variação	Graus de liberdade da causa de variação	Graus de Liberdade do Resíduo	F	Pr > F
Peso Inicial	1	18	0,14	0,7102
Idade	6	108	149,12	< 0,0001
Parte do Corpo	6	114	47,27	< 0,0001
Parte do Corpo × Idade	36	648	16,96	< 0,0001

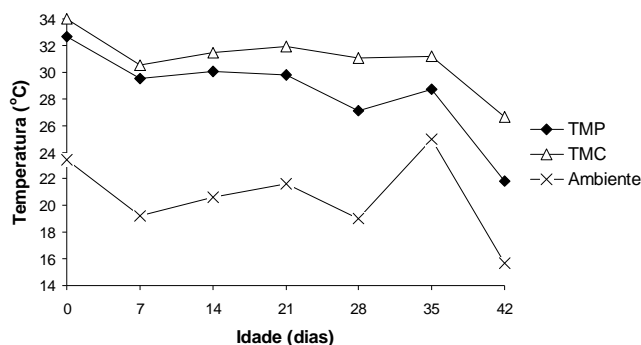
Segundo Cangar et al. (2008), as regiões mais quentes da ave são a face e a canela, devido esses locais não terem penas como isolamento do calor e consequentemente o fluxo de calor é maior, e as áreas mais frias são, a asa e o peito, provavelmente devido ao maior empenamento. Até os 21 dias de idade da ave a pata se apresentou com os valores mais baixos de temperatura em relação às demais partes do corpo, no entanto, esse comportamento não se verificou a partir dessa idade (Fig. 5).



**Figura 5.** Valores médios de temperatura de cada parte da ave em função da idade

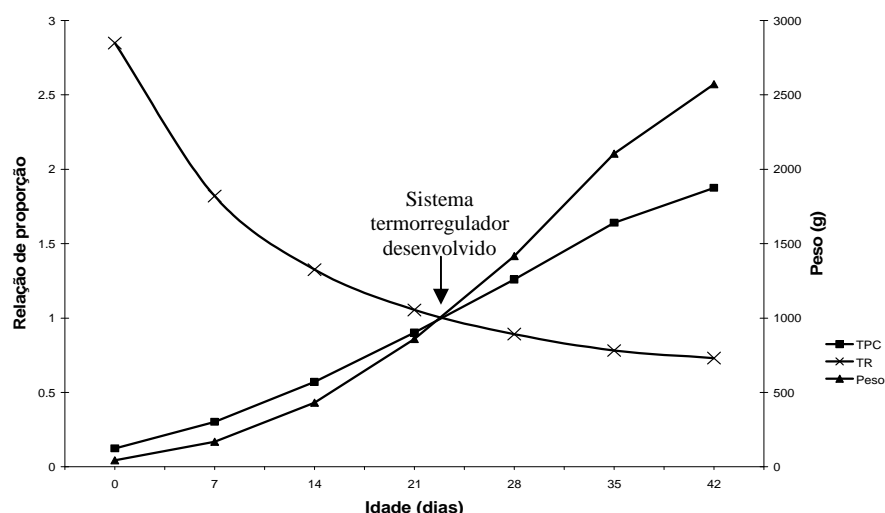
É pela cloaca que grande parte do calor metabólico é perdido via fezes e urina. De acordo com Marchini et al. (2007), a temperatura corporal aumenta com a idade do frango, independentemente da temperatura ambiente, e a frequência respiratória reduz com a idade para as aves em termoneutralidade. Frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada apresentam aumento na frequência respiratória e na temperatura cloacal. Como a crista da ave ainda não está desenvolvida a perda de calor na primeira semana é proporcional a da cabeça. Há variação de transferência de calor entre a ave e o ambiente, sendo que essa é dependente do gradiente térmico (Marchini et al., 2007). Nazareno et al. (2009) encontraram valores de temperatura cloacal em torno de 41 e 42°C em aves criadas em sistemas de piquete e confinadas. No entanto, as aves criadas no sistema confinado apresentaram maior valor médio de temperatura cloacal, comparado com os demais sistemas (piquete e semi-confinado), devido ao fato das aves estarem mais adensadas. A maior perda de calor das aves ocorre na cloaca, seguido da pata e crista (Hassemer et al., 2008). Em ambas as medidas da temperatura das partes da ave houve variabilidade não havendo um comportamento definido com a idade. As temperaturas médias, da pele (TMP) e corporal (TMC) tiveram o mesmo comportamento cíclico da temperatura ambiental (Fig. 6). Como as aves são animais homeotérmicos a temperatura interna é aproximadamente constante, porém a TMP e a TMC da ave variou conforme a idade. Ao nascer, a ave não tem o sistema termorregulador desenvolvido sendo necessário que a temperatura ambiente esteja dentro da

faixa de conforto (32 a 35°C). Nessa fase a perda de calor é maior e quanto maior o gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente, maior é a perda de calor. Verifica-se na Fig. 6, que tanto TMP e TMC foram maiores na fase inicial, que na fase final de vida da ave. As penas representam um importante isolamento térmico para as aves, que também não possuem glândulas sudoríparas, o que dificulta a perda de calor corporal. Aves jovens apresentam melhor capacidade de perdas de calor através da superfície corporal em relação as aves mais velhas (Tessier et al., 2003), e isto acarreta em maior suscetibilidade das mesmas frente a condições de estresse por frio.



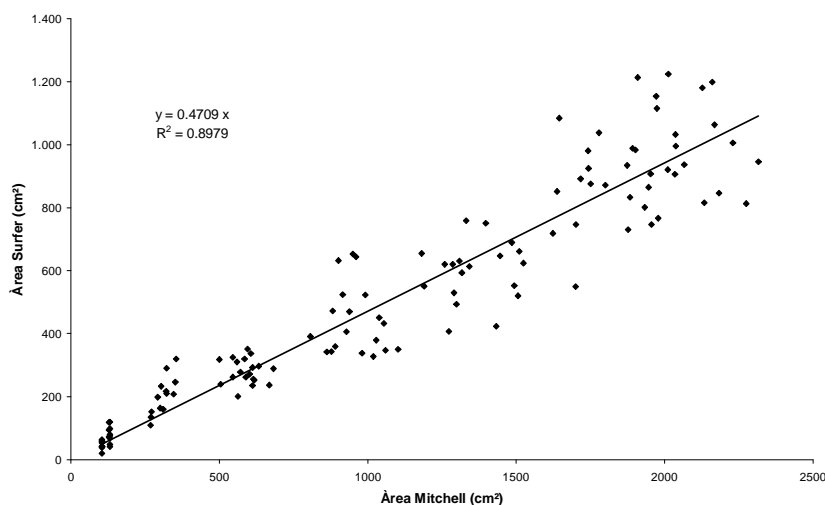
**Figura 6.** Valores médios de temperatura da pele (TMP), corporal (TMC) e ambiente, em função da idade

Verifica-se na Fig. 7 que a taxa de perda de calor (TPC) aumentou com a idade e com o peso da ave. Entretanto, a taxa de resfriamento (TR) foi inversamente proporcional ao peso da ave significando que as aves mais jovens têm maior facilidade de perder calor que as aves adultas. Em condições de estresse por temperaturas elevadas as aves adultas têm dificuldade de perder calor e as aves jovens quando em condições de estresse por frio perdem calor facilmente. As formas mais eficientes de troca de calor das aves com o ambiente, nas primeiras semanas de vida, correspondem às formas sensíveis (radiação, condução e convecção) necessitando que o ambiente esteja aquecido e quando adultas, as formas sensíveis de transferência de calor deixam de ser eficientes tornando a forma de transferência de calor latente (evaporação) mais eficiente (Yahav et al., 2004). O ponto de desenvolvimento do sistema termorregulador corresponde ao ponto de inserção entre a TPC e TR (Fig. 7). O desenvolvimento do sistema termorregulador das aves ocorreu próximo dos 21 dias, coincidindo com o término do período de aquecimento e com o empenamento das aves.



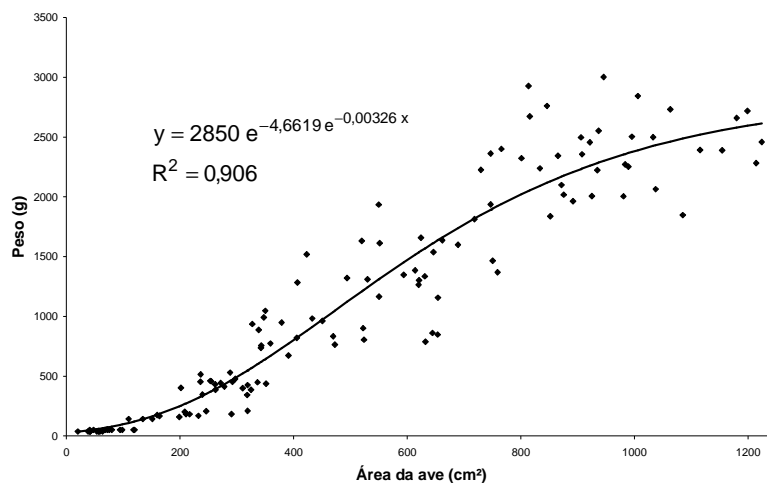
**Figura 7.** Valores médios, da relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e taxa de resfriamento (TR) e do peso, em função da idade

Na Fig. 8 verifica-se que a determinação da área superficial da ave pelo software SURFER tem alto coeficiente de determinação com a área calculada pela equação de Mitchell,  $R^2 = 0,8979$ . Dessa forma, é possível o uso de imagem digital para estimar a área da ave, ou seja o cálculo da área superficial da ave pelo software SURFER.



**Figura 8.** Valores da área superficial determinada pelo SURFER em relação à área calculada pela equação de Mitchell

Com a comprovação de que a área corporal da ave pode ser realizada pelo software SURFER determinou-se a correlação dessa área com o peso da ave. Assim, utilizando a equação de Gompertz, encontrou-se novamente coeficiente de determinação elevado entre a área e o peso da ave,  $R^2 = 0,906$  (Fig. 9). Entretanto, o erro de predição individual médio foi de 197 g (28,95%) o que é um valor elevado, dependendo do uso que se quer dar para essa medida (Tabela 2). Quando se considera avaliação grupal, o erro de predição médio reduz para 84,56 g (17,47%), o que é esperado, pois avaliações de médias de grupos de animais são menos variáveis do que avaliações individuais. Em geral o erro de predição relativo (%) reduz com o aumento da idade e do peso das aves, enquanto o erro de predição absoluto (g) aumenta com idade das aves. Com esse resultado pode-se afirmar que a estimativa do peso corporal da ave pode ser realizada por meio de imagem digital, adotando a equação da Fig. 9. Como esperado, as medidas morfológicas aumentaram com a idade da ave (Fig. 10). Esses valores poderão auxiliar, no dimensionamento e nas práticas de regulação da altura, dos equipamentos de arração de ração e água.

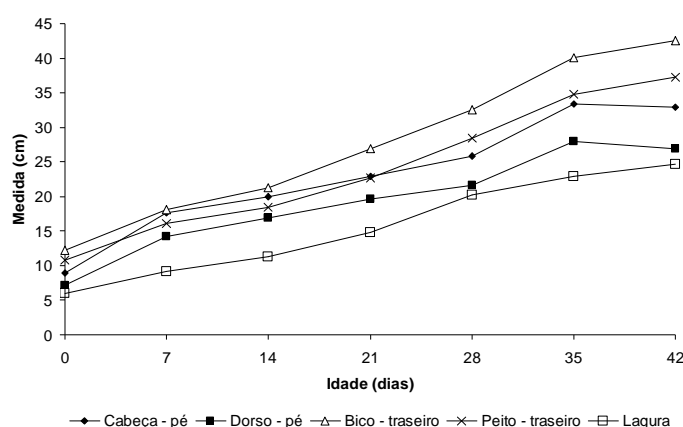


**Figura 9.** Valores dos pesos das aves em relação à área calculada pelo SURFER



**Tabela 2.** Erros de predição individual e por grupo em função da idade das aves

Idade (dias)	n	Erro de Predição Individual		Erro de Predição do Grupo	
		g	%	g	%
0	20	24,04	53,19	23,69	52,37
7	13	103,31	55,59	71,48	38,70
14	19	95,91	22,59	12,93	3,10
21	19	300,42	35,11	93,52	11,05
28	19	264,13	19,06	39,29	2,82
35	19	249,09	12,11	70,87	3,37
42	19	322,16	12,14	280,11	10,90
Média	128	197,08	28,95	84,56	17,47



**Figura 10.** Valores médios das medidas morfológicas das aves em função da idade

## 4. CONCLUSÕES

A utilização de imagens digitais para estimar a área, o peso e as medidas morfológicas em função da idade das aves é possível e pode ser utilizada no cálculo de transferência de calor e de massa para dimensionar sistemas de climatização dos aviários e também para o desenvolvimento de equipamentos utilizando visão computacional. Aprimoramentos dos métodos de avaliação de imagens devem ser buscados visando reduzir o erro de predição.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Aerts, M.; Wathes, C.M.; Berckmans, D. (2003). Dynamic data-based modelling of heat. Biosystems Engineering, San Diego, v.84, n.3, p.257-66.
- Bouzida, N.; Bendada, A.; Maldague, X.P. (2009). Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. Journal of Thermal Biology, v.34, n.3, p.120-126.
- Cangar, Ö.; Aerts, J.M.; Buyse, J.; Berckmans, D. (2008). Quantification of the Spatial Distribution of Surface Temperatures of Broilers. Poultry Science, v.87, p.2493-2499.
- Curtis, S.E. Environmental management in animal agriculture. (1983). Ames: Iowa State University Press, 409 p.

- Freitas, A.R. (2007). Estimativa de curvas de crescimento na produção animal. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 68).
- Hassemer, M.J.; Abreu, P.G.; Abreu, V.M.N.; Tomazelli, I.L.; Cestonaro, T.; Dalla Costa, C.A. (2009). Comportamento da temperatura corporal de pintos de um dia, por meio de análise de imagem. In: Conferência Facta De Ciência E Tecnologia Avícolas, 27. Porto Alegre.
- Malheiros, R.D.; Moraes, V.M.B.; Bruno, L.D.G.; Malheiros, E.B.; Furlan, R.L.; Macari, M. (2000). Environmental Temperature and Cloacal and Surface Temperatures of Broiler Chicks in First Week Post-Hatch. *Journal of Applied Poultry Science*, v.9, p.111-117.
- Marchini, C.F.P.; Silva, P.L.; Nascimento, M.R.B.M; Tavares, M. (2007). Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, v.12, n.1, p. 41- 46.
- Mitchell, H.H. (1930). The surface area of single comb white leghorn chickens. *Journal of Nutrition*, v.2, n.5, p.443-449.
- Montanholi, Y.R., Odongo, N.E., Swanson, K.C., Schenkel, F.S., McBride, B.W. Miller, S.P. (2008). Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *Journal of Thermal Biology*, v.33, p.468-475,
- Nazareno, A.C.; Pandorfi, H.; Almeida, G.L.P.; Giongo, P.R.; Pedrosa, E.M.R.; Guiselini, C. (2009). Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.6.
- Richards, S.A. (1971). The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *Journal of physiology*, v.216, p.1-10.
- SAS Institute Inc. System for Microsoft Windows, Release 9.1, Cary, NC, USA, 2003. CD Rom.
- Shinder, D.; Rusal, M.; Tanny, J.; Druyan, S.; Yahav, S. (2007). Thermoregulatory Responses of Chicks (*Gallus domesticus*) to Low Ambient Temperatures at an Early Age. *Poultry Science*, v.86, p.2200-2209.
- Silva, E.; Yanagi Júnior, T.; Braga Júnior, R.A.; Lopes, M.A.; Damasceno, F.A.; Silva G.C.A. (2009). Desenvolvimento e validação de um modelo matemático para o cálculo da área superficial de frangos de corte. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.29, n.1, p.1-7, jan./mar.
- Tessier, M.; Du Tremblay, D.; Klopfenstein, C.; Beauchamp, G.; Boulianne, M. (2003). Abdominal Skin Temperature Variation in Healthy Broiler Chickens as Determined by Thermography. *Poultry Science*, v.82, n.5, p.846-849.
- Yahav, S.; Straschnow, A.; Luger, D.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. (2004). Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, v.83, p.253-258.
- Yahav, S.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. (2005). Sensible heat loss: the broiler's paradox. *World's Poultry Science Journal*, v. 61, p.419-434.
- Yanagi Júnior, T. (2002). Partial surface wetting to relieve acute thermal stress of laying hens. 93 f. Tese DSc. - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- Yanagi Junior, T.; Xin, H.; Gates, R.S. (2001). Thermal discomfort index for laying hens. St.Joseph: ASAE. 13p. (ASAE Paper, 01-4064).